

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-363665

(43)Date of publication of application : 16.12.1992

(51)Int.Cl.

G01N 35/02  
G01N 1/28

(21)Application number : 03-137994

(71)Applicant : TOSHIBA CORP  
TOSHIBA CERAMICS CO LTD

(22)Date of filing : 10.06.1991

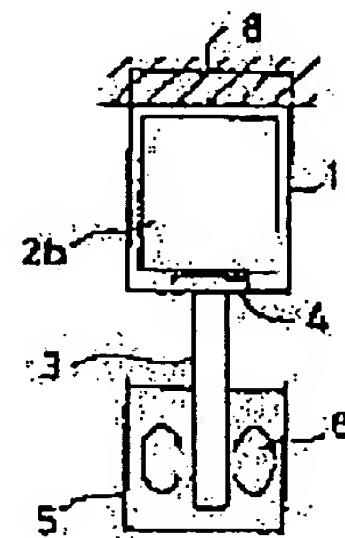
(72)Inventor : MUTSUKAWA KYUJI  
INOUE MORIHITO  
SAKAGUCHI SOICHIRO  
OYA HIDEO  
AOKI NOBORU  
SAITO MASAHIRO

## (54) STIRRER

### (57)Abstract:

PURPOSE: To efficiently perform stirring within a short time by increasing the amplitude of a stirring member without damaging a piezoelectric element and the stirring member in the stirrer vibrating the stirring member by the piezoelectric element.

CONSTITUTION: A bimorph type piezoelectric vibrator is constituted by bonding piezoelectric ceramics 2a, 2b to both surfaces of a flexible metal plate shim 1 and a part of the shim 1 is extended to form a stirring blade 3. A proper wt. 4 is provided to a part of the blade 3 to make the amplitude of the blade larger than that of the vibrator itself. The vibrator is vibrated in a multiplex mode by adjusting the applied voltage and frequency to the vibrator and, by this constitution, the whole of a liquid is simultaneously fluidized to generate up and down movement to enhance stirring efficiency.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-363665

(43) 公開日 平成4年(1992)12月16日

(51) Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 N 35/02	D	8310-2 J		
1/28	Y	7708-2 J		

審査請求 未請求 請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願平3-137994	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(22) 出願日	平成3年(1991)6月10日	(71) 出願人	000221122 東芝セラミックス株式会社 東京都新宿区西新宿1丁目26番2号
		(72) 発明者	六川 玖治 栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会 社東芝那須工場内
		(72) 発明者	井上 守人 栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会 社東芝那須工場内
		(74) 代理人	弁理士 鈴江 武彦

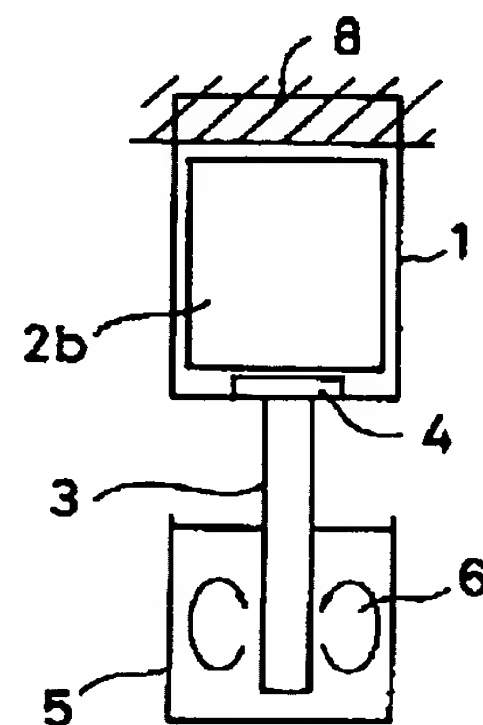
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 攪拌子

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、圧電素子により攪拌部材を振動させる攪拌子において、圧電素子、攪拌部材に損傷を与えることなく、攪拌部材の振幅を大きくして、短時間に効率よく攪拌を行うことを目的とする。

【構成】 フレキシブルな金属板シム1の両側に圧電セラミック2a、2bを貼り付けバイモルフ形の圧電振動子を構成し、シム1の一部を延長して攪拌用のブレード3とする。ブレード3の一部に適当な重り4をつけ、ブレードの振幅を振動子自体の振幅よりも大きくする。振動子への印加電圧、周波数を調整して、振動子を複次モードで振動させ、これにより液体全体を同時に流動させ、上下の動きを発生させ、攪拌効率を向上する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 柔体構造の金属片の表面に圧電素子を貼り付けてなる圧電振動子の金属片の一部分を延長し、この延長部分により液体を攪拌することを特徴とする攪拌子。

【請求項2】 前記圧電振動子の振幅よりも延長部分の振幅が大きくなるような重りを前記振動子に取り付けることを特徴とする請求項1に記載の攪拌子。

【請求項3】 前記圧電振動子の質量 $m_1$ と延長部分の質量 $m_2$ との比 $m_2/m_1$ が0.04~0.06である10 ことを特徴とする請求項2に記載の攪拌子。

【請求項4】 前記圧電振動子は前記金属片の片側に圧電素子が貼り付けられているユニモルフ形の振動子であることを特徴とする請求項1に記載の攪拌子。

【請求項5】 前記圧電振動子は前記金属片の両側に圧電素子が貼り付けられているバイモルフ形の振動子であることを特徴とする請求項1に記載の攪拌子。

【請求項6】 前記圧電振動子の振動モードは複次モードであることを特徴とする請求項1に記載の攪拌子。

【請求項7】 柔体構造の金属片の表面に振動発生手段20 を設けてなる振動子の金属片の一部分を延長し、この延長部分により液体を攪拌することを特徴とする攪拌子。

【請求項8】 柔体構造の金属片の表面に圧電素子を貼り付けてなる圧電振動子を用いて液体を攪拌することを特徴とする攪拌子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、化学薬品、生化学分野の試薬、反応液等を混合、攪拌するための検体検査用の攪拌子に関する。30

## 【0002】

【従来の技術】検体検査において、検体と試薬を反応させる際、検体と試薬とからなる反応液を攪拌し均質化することは反応の再現性を得る上で欠かせない要素技術となっている。そして、検体検査の自動化装置（生化学分析装置）は近年高速化が進んでいるが、それも1つの壁に当たりつつある。それは、反応液の攪拌に一定以上の時間を必要とすることが重要な原因である。

【0003】従来の攪拌法の一例としては、モータを用いて反応液を攪拌する方法がある。この方法の一例として、図18に示すように、小型モータ9の先端に取り付けられた羽根車12により容器10内の液体を攪拌させる方法がある。また、他の例として、図19に示すように、容器10内に自由に動くことができるマグネット13を置き、容器10の下よりモータ9により金属板9aを回転させ、マグネット13の吸引力により金属板9aの回転に応じて容器10内のマグネット13を回転させて攪拌させる方法もある。40

【0004】これらの方法では、攪拌は容器10内の底部でのみ平面的に行なわれ、攪拌の効果が容器の上部ま50

で伝達しにくく、攪拌時間が長時間となる欠点がある。例えば、400~600(マイクロリットル)の反応液の場合、反応液が均質化するまでに4秒以上かかっていた。また、これらの攪拌は液体の回転を伴うものであるため、液体は容器10内で図示破線で示すような回転層流状態となり、やはり攪拌時間が長時間化される。そして、時間短縮のためにモータ9の回転数を上げると、泡立ちが起こったり、空気（気泡）を巻き込んだりして、容器の形状、大きさによっては液体が容器10よりあふれたり、飛び散ったりすることがあった。

【0005】また、モータを使わない攪拌方式の従来例として、米国特許第4,612,291号に記載の攪拌方式がある。この攪拌方式では、図20に正面図を示すように、薄い金属板15の両側に圧電素子（ピエゾ素子）18a、18bを貼り付けてなるバイモルフ型の圧電振動子の金属板15の先端に攪拌のためのステンレス等の剛体構造の攪拌棒14を接続し、金属板の15の後端（根元部分）17は固定する。図21に側面図を示すように、圧電振動子15に交流電圧16を印加し、圧電振動子15を交互に振動させる。この攪拌棒14の振動により容器10内の液体を攪拌させることができる。ここで、攪拌棒14は剛体であるため、全体として一次のモードで振動する。

【0006】この方式では、攪拌部材14の振幅は印加電圧に比例するので、電圧を上げて攪拌時間を短くすることができるが、大振幅にすることにより、圧電振動子15の根元部分17の応力が大きくなり、圧電振動子15の破損か、あるいは金属板15と攪拌棒14との接続部の機械的破損に至る場合が考えられる。また、振動モードが一次であり、反応液全体を攪拌させるに至っていないため、モータを用いる場合と同様にこの方式も攪拌効率が悪かった。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上述した事情に対処すべくなされたもので、その目的は短時間で反応液の均質化を図ることができる攪拌子を提供することである。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明による攪拌子は、柔体構造の金属片の表面に圧電素子を貼り付けてなる圧電振動子の金属片の一部分を延長し、この延長部分により液体を攪拌することを特徴とする。

## 【0009】

【作用】本発明による攪拌子によれば、圧電振動子の金属片の一部分を攪拌部材として用いることにより、振動子を複次モードで振動させることができ、液体全体を同時に流動させ、上下の動きを発生させ、攪拌効率を向上することができる。

## 【0010】

【実施例】以下、図面を参照して本発明による攪拌子の

第1実施例を説明する。図1は第1実施例の攪拌子の正面図、図2はその側面図である。柔体構造のフレキシブルな金属板シム1の両側に圧電セラミック2a、2bが貼り付けられ、バイモルフ形の圧電振動子が構成される。なお、圧電セラミックは金属板シム1の片側の表面にだけ貼り付け、ユニモルフ形の圧電振動子を構成してもよい。図2に示すように、この圧電振動子に電源7より交流電圧を印加すると、各々の圧電セラミック2a、2bは交互に伸び縮みし、金属板シム1はその薄手方向と直交する方向に振動する。シム1の一端は固定体8に固定される。シム1の他端は同一材にて延長されブレード3となる。ブレード3が攪拌部材として容器5内に配される。圧電振動子の振動によりブレード3も振動し、このブレード3の振動により容器5内の液体が攪拌される。圧電振動子内の金属板シム1の部分には振動子の質量を調節できる重り4が取り付けられる。

【0011】このような攪拌子においては、ブレード3\*

$$m_1 \ddot{x}_1 + k_1 x_1 - k_2 (x_2 - x_1) - c (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) = P_0 \cos \omega t$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + k_2 (x_2 - x_1) + c (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) = 0$$

ここで、 $m_1 \ddot{x}_1 = \text{力}$

$k x = \text{力}$

$c$  は速度の関数で、 $c x = \text{力}$ である。

上記連立方程式を解くには、その右辺の  $P_0 \cos \omega t$  を  $P_0 \exp(j \omega t)$  の実数部分、すなわち  $\text{Re} [P_0 \exp(j \omega t)]$  とし、 $\dot{x}_1 = j \omega x_1$ 、 $\ddot{x}_1 = -\omega^2 x_1$ 、 $\dot{x}_2 = j \omega x_2$ 、 $\ddot{x}_2 = -\omega^2 x_2$  として、この時の特解を求めれば、その実数部分が解となる。

【0013】そのため、これらを代入すると、上記連立方程式は次のように表わされる。

$$\begin{aligned} & (-m_1 \omega^2 + k_1 + k_2 + j \omega c) x_1 - (k_2 + j \omega c) x_2 \\ & = \text{Re} [P_0 \exp(j \omega t)] \\ & - (k_2 + j \omega c) x_1 + (-m_2 \omega^2 + k_2 + j \omega c) x_2 = 0 \end{aligned}$$

この連立方程式より  $x_1$ 、 $x_2$  を求めると、次のようになる。

$$\begin{aligned} x_1 &= \text{Re} \left[ \frac{((-m_2 \omega^2 + k_2) + j \omega c) P_0 \exp(j \omega t)}{((-m_1 \omega^2 + k_1) (-m_2 \omega^2 + k_2) - m_2 k_2 \omega^2 + j \omega c (-m_1 \omega^2 + k_1 - m_2 \omega^2))} \right] \\ x_2 &= \text{Re} \left[ \frac{(k_2 + j \omega c) P_0 \exp(j \omega t)}{((-m_1 \omega^2 + k_1) (-m_2 \omega^2 + k_2) - m_2 k_2 \omega^2 + j \omega c (-m_1 \omega^2 + k_1 - m_2 \omega^2))} \right] \end{aligned}$$

この解の実数部を求めるために、位相差  $\delta_1$  を次のように定義する。

\*の振幅を大きくすると、圧電セラミック2a、2bに大きな曲げ応力が発生してしまうので、大振幅を保ったままこの応力を小さくすることが必要である。このための解決手段をモデルを使って説明する。圧電振動子を応用した攪拌子のモデルは、振動系に直すと、圧電振動子の部分の等価質量  $m_1$ 、バネ定数  $k_1$ 、攪拌部分、すなわちブレード3の部分の等価質量  $m_2$ 、バネ定数  $k_2$ 、液体による抵抗を  $c$  とした場合、2自由度の減衰をともなう強制振動系とみなすことができ、そのモデルを図3に示す。振動子 ( $m_1$ )、ブレード ( $m_2$ ) のそれぞれの釣り合い位置からの変位を各々  $x_1$ 、 $x_2$  とし、振動子部分 ( $m_1$ ) に圧電セラミック2a、2bにより  $P_0 \cos \omega t$  の外力が作用すると仮定すると、次のような運動方程式(連立方程式)が得られる。

【0012】

【数1】

※【0014】

※

★【0015】

★40

【0016】

$$\begin{aligned} & \tan \delta_1 \\ &= \{ \omega c (m_2 \omega^2 + k_2)^2 + (\omega c)^2 \} \\ & \quad / \{ ( (-m_1 \omega^2 + k_1) (-m_2 \omega^2 + k_2) - m_2 k_2 \omega^2 ) (-m_2 \omega^2 + k_2) \\ & \quad + (\omega c)^2 (-m_1 \omega^2 + k_1 - m_2 \omega^2) \} \end{aligned}$$

この位相差を  $\delta_1$  を使うと、 $x_1$  は次のように表わされる。 \* 【0017】

$$\begin{aligned} x_1 &= [ \{ (-m_2 \omega^2 + k_2)^2 + (\omega c)^2 \} \\ & \quad / \{ ( (-m_1 \omega^2 + k_1) (-m_2 \omega^2 + k_2) - m_2 k_2 \omega^2 )^2 \\ & \quad + (\omega c)^2 (-m_1 \omega^2 + k_1 - m_2 \omega^2)^2 \} ]^{1/2} \times P_0 \cos (\omega t - \delta_1) \end{aligned}$$

スタティック時の変位  $x_{s1}$  に対する振動子  $m_1$  の強制変位  $x_1$  を

$$x_1 / x_{s1} = Y_1 \cos (\omega t - \delta_1)$$

とし、下記のような定数を定める。ここで、 $Y_1$  は振動子の最大振幅 (片振幅) である。

【0018】  $R = m_2 / m_1$  = 質量比

$\omega_0^2 = k_1 / m_1$  = 主振動系の固有円 (角) 振動数 (rad/sec)<sup>2</sup>

$\omega_2 = k_2 / m_2$  = ブレード、または吸振動系の固有円 (角) 振動数 (rad/sec)<sup>2</sup> 20

$\lambda = \omega / \omega_0$  = 強制振動数比

$\nu = \omega_2 / \omega_0$  = 固有振動数比

$x_{s1} = P_0 / k_1$  = 主振動系のスタティック変位

$C_c = 2 m_2 \omega_0$  = 臨界減衰係数 (粘性のある振動系において、振動が無周期運動するか、振動状態となるかの限界を示す値)

$\gamma = C / C_c$  = 減衰係数比

$C = k g s / c m$

$x_1 / x_{s1}$  を書き直し、その最大値  $Y_1$  を求めると、次の 30 ようになる。

【0019】

$$\begin{aligned} Y_1 &= [ \{ (\nu^2 - \lambda^2)^2 + (2 \gamma \lambda)^2 \} \\ & \quad / \{ ( (1 - \lambda^2) (\nu^2 - \lambda^2) - R \nu^2 \lambda^2 )^2 \\ & \quad + (2 \gamma \lambda)^2 (1 - (1 + R) \lambda^2)^2 \} ]^{1/2} \end{aligned}$$

同様に、ブレードの最大振幅 (片振幅)  $Y_2$  は  $x_2 / x_{s1} = Y_2 \cos (\omega t - \delta_2)$  となり、 $\delta_2$  は省略すると、最大値  $Y_2$  はつぎのようになる。

【0020】

$$\begin{aligned} Y_2 &= [ \{ \nu^4 + (2 \gamma \lambda)^2 \} \\ & \quad / \{ ( (1 - \lambda^2) (\nu^2 - \lambda^2) - R \nu^2 \lambda^2 )^2 \\ & \quad + (2 \gamma \lambda)^2 (1 - (1 + R) \lambda^2)^2 \} ]^{1/2} \end{aligned}$$

これらの最大値  $Y_1$ 、 $Y_2$  を液体の減衰係数  $\gamma$  を約 0.1 として、質量比  $R (= m_2 / m_1)$  を変えて、すなわち振動子に取り付けられた重り 4 の重さを変えて、使用角振動数  $\omega (= 2 \pi f)$  に対してシミュレーションした結果を図 4、図 5 に示す。図 4 は  $R = 0.05$  の場合、図 5 は  $R = 1.0$  の場合である。図 4、図 5 の場合とも、固 50

有角振動数  $\omega_0$  と使用角振動数  $\omega$  の比  $\omega / \omega_0 = 0.9$  付近で大きな振動を発生することがわかる。攪拌子全体の振幅は電圧、または周波数を可変して制御できるが、一般には電圧が低い状態が望ましいので、駆動周波数を 2 自由度の振動系の固有周波数  $\omega_0$  と一致させ、共振状態で使用するのが望ましい。そのため、振動数比  $\omega / \omega_0$  が 0.9 付近で振幅が最大になることは好ましい。図 5 は重りをつけない状態を示したもので、 $Y_1$  が  $Y_2$  にほぼ等しく、電圧を上げて圧電振動子の振動を大きくせざるを得ないことがわかる。図 2 に破線で示したブレード 3 の振動状態は図 4 の場合を示す。

【0021】 このように、圧電振動子とブレードとの質量比  $R$  を変え、具体的には  $R < 1$  とし、すなわち主振動系である圧電振動子の質量  $m_1$  をブレードの質量  $m_2$  より大きくすることにより、従振動系であるブレードの振幅  $Y_2$  を圧電振動子の振幅  $Y_1$  よりも大きくすることができる。これは、振動吸振器と同一の原理で、主振動系のエネルギーをブレード側にて吸収する (吸振器で振動を拡大させる) ことが可能であるからである。この結果、圧電振動子の振幅  $Y_1$  をブレードの振幅  $Y_2$  より小さくし、かつ  $Y_2$  を攪拌時間 (約  $Y_2 \times \omega / 2 \pi$ ) を所定の時間帯にし、かつ振幅があまり大きくならず攪拌の容器に接触することのないようにすることができる。ここで、質量比  $R = 1$  とは振動子とブレードの自重の比が等しいことであるが、本発明ではむしろ圧電振動子に重みを与え、 $m_1$  を  $m_2$  に比して大きく、すなわち  $R < 1$  にすることを特徴とする。これにより、攪拌を効率よく行えとともに、圧電振動子の振幅を小さくし圧電素子の破損、圧電振動子とブレードとの境界部分の金属板シムの破損を防止することができる。

【0022】 図 6 は質量比  $R$  に対する攪拌時間  $t$  (秒) の実験結果を示し、従来のモータ式では攪拌時間が 6 秒以上かかったのに対し、本方式では 1.0 ~ 1.3 秒に短縮できることがわかる。これは、ブレード 1 がフレキシブルであるので、振動が複次のモードで行われ、容器 5 内に図 1 の矢印 6 で示すような液体の乱流状態を作り、容器内の液体が全体的に攪拌されるからである。このため、従来のような空気を取り込み、容器からのあふれがなく、短時間に液体の均質化ができる。



【0023】図7～図10に攪拌子の振動モードの測定結果を示す。これらの特性は、液体としては600(マイクロリットル)の水を使い、0.2t(厚み0.2mm)のバイモルフ形の圧電振動子に0.5gの重りをつけ(R=0.04～0.06)、交流20Vで駆動した場合の圧電素子の出力波形(振幅)を示す図である。なお、ブレードの長さは50mmとした。各図の上段の特性は、重りの位置における出力波形、下段の特性はブレード先端における出力波形である。図7は駆動周波数48Hzで気中で測定した場合、図8は周波数101Hzで同じく気中で測定した場合、図9は周波数41Hzで水中で測定した場合、図10は周波数115Hzで水中で測定した場合である。各状態で振幅を目視したところ、図7の場合は重りの位置では3mm、先端では4.2mmあり、図8の場合は重りの位置では5mm、先端では1.1mmあり、図9の場合は重りの位置では0mm、先端では2mmあり、図10の場合は重りの位置では2.5mm、先端では2.5mmあることが確認された。図10が実際に攪拌に使われた例であり、この図から本発明の振動子は2次モードで振動していることがわかる。

【0024】次に、周波数特性について示す。ここでは、図11に示したシステムで電流を測定し、図12に示したシステムでインピーダンスを測定した。図11では、PVA(ポリビニルアルコール)1.5%の溶液(600マイクロリットル)が入った容器20に入れた攪拌子22に電源24を接続し、周波数を可変した時の電流値I(mA)を1KΩの抵抗26を介してオシロスコープ28で測定する。図12では、同様に、攪拌子22にLCRメータ30を接続し、周波数を可変した時のインピーダンスZ(KΩ)を測定する。これらの測定結果を図13に攪拌時間t(秒)とともに示す。この図からも、本方式の攪拌子は複次の振動モードで振動していて、周波数159Hz付近の2次共振を使うことにより、効率よく攪拌が行えることがわかる。

【0025】最後に、種々のパラメータの攪拌性能CV(変動係数=(標準偏差/平均値)×100%)に与える影響を説明する。以下の特性は、厚さ0.25mm、長さ45mmのテトラフルオロエチレン-ヘキサフルオロプロピレン共重合体(FEP)コーティングの圧電素子を用いて、0.71gの重みをつけて、END法で測定した。なお、サンプルとして300ppmのオレンジゲル水溶液を用い、試薬としては水、1.5%PVA溶液、20%グリセリン溶液を用い、測定中の攪拌子洗浄は行わない。

【0026】図14は振動数の攪拌性能に与える影響を示す。負荷電圧は20.04V、攪拌時間は1.9秒に設定されている。これから、振動数120Hzの時に、特に、PVAでCVが小さいことがわかる。PVAでは振動数が120Hz以上でも以下でもCVが悪い。水、グリセリンでは、全測定範囲で大きな変化がなく、CVは

0.20付近を保つ。

【0027】図15は負荷電圧の攪拌性能に与える影響を示す。負荷振動数は120Hz、攪拌時間は1.9秒に設定されている。これから、30Vまでは、負荷電圧が大きくなるほど、CVはほぼ全てのサンプルで小さくなるとともに、サンプル間のばらつきが小さくなることがわかる。

【0028】図16は攪拌時間の攪拌性能に与える影響を示す。負荷振動数は120Hz、負荷電圧は20Vに設定されている。

【0029】図17はブレードにつけた重りの攪拌性能に与える影響を示す。負荷振動数は120Hz、負荷電圧は20V、攪拌時間は1.9秒に設定されている。

【0030】なお、特性は示していないが、金属板シム1は薄い上に、FEPでコーティングされているために、攪拌子が洗浄槽から反応容器内に持ち込む洗浄水の量、および反応容器から持ち出すキャリオバの量が無視できるくらい少ないことが確認できた。また、当該攪拌子毎の個体差も少ないことも確認できた。

【0031】以上説明したように本実施例の攪拌子によれば、圧電素子を応用して、中間にカウンタウエイトをつけることにより、攪拌子先端の振幅を調整するとともに、攪拌子に薄型でフレキシブルな素材を用い、圧電素子の印加電圧、周波数を調整し、攪拌子を複次モードで振動させることにより、攪拌時に反応液全体を同時に流動させ、上下の動きを発生させることができる。これにより、反応液全体の均質化が短時間に行われるとともに、分析の精度が向上する。さらに、振動子の金属板とブレードとが一体構造であるので、接合部分が減り、故障要因が少なくなるので、装置の信頼性が向上するとともに、オペレータの負担が軽減される。機械部品の減少により、ユニットの構成が簡素化され、コストも低減される。

【0032】なお、本発明は上述した実施例に限定されず、種々変形して実施可能である。例えば、振動発生手段としては、圧電素子に限らず、ボイスコイルモータ、超磁歪素子を用いてもよい。

【0033】圧電振動子を使う場合、2つ以上の圧電素子、バイモルフ形の場合は片側に2つ以上の圧電素子を金属板シムに貼り付けてもよい。また、圧電素子はその作動原理上、アクチュエータ及びセンサとして応用可能である。そのため、圧電素子の一部をアクチュエータとして使い、他の一部をセンサとして使えば、センサにより検出した振動状態に応じて駆動振動をフィードバック制御することが可能となる。これにより、溶液の量、粘度等の変化に応じて、常に最適条件での攪拌が可能となる。

【0034】さらに、実施例では振動子は横振動させていたが、縦振動するように変更してもよい。この場合、ブレードの代わりに先端に平板が水平に取り付けられた

攪拌棒を設けることができ、ブレードの振れ角度を考慮する必要がなく、攪拌子の取付位置に自由度が増す。

【0035】また、実施例では、振動子の金属板の一部を延長してブレードを構成したが、攪拌部も圧電振動子の一部としてもよい。

【0036】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、攪拌部材として薄型でフレキシブルな金属板を素材を用いることにより、振動モードを複次で行なうことが可能となり、反応液全体を同時に流動させ、反応液を上下に流動させることができるので、反応液を均質化するまでの攪拌時間を短くし、ひいては検体処理の速度を早くすることができる攪拌子が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による攪拌子の一実施例の正面図。

【図2】図1に示した実施例の側面図。

【図3】本発明による攪拌子の実施例の振動系のモデルを示す図。

【図4】重りをつけた場合の図3のモデルの特性を示す図。

【図5】重りをつけない場合の図3のモデルの特性を示す図。

【図6】重りに対する攪拌時間の特性を示す図。

【図7】一実施例の振動モードの測定結果を示す図。

【図8】一実施例の振動モードの測定結果を示す図。

【図9】一実施例の振動モードの測定結果を示す図。

【図10】一実施例の振動モードの測定結果を示す図。

【図11】一実施例の電流の周波数特性を調べるための結線図。

【図12】一実施例のインピーダンスの周波数特性を調べるための結線図。

【図13】図11、図12の装置により調べられた周波数特性を示す図。

【図14】攪拌性能に与える振動数の影響を示す図。

【図15】攪拌性能に与える負荷電圧の影響を示す図。

【図16】攪拌性能に与える攪拌時間の影響を示す図。

【図17】攪拌性能に与える圧電振動子につける重りの影響を示す図。

【図18】モータを用いる攪拌子の従来例を示す図。

【図19】モータを用いる攪拌子の他の従来例を示す図。

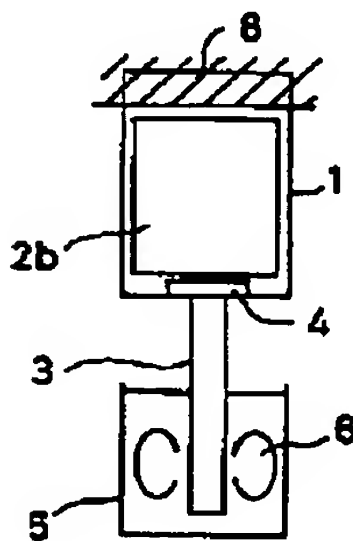
【図20】圧電素子を用いる攪拌子の従来例の正面図。

【図21】図20の従来例の側面図。

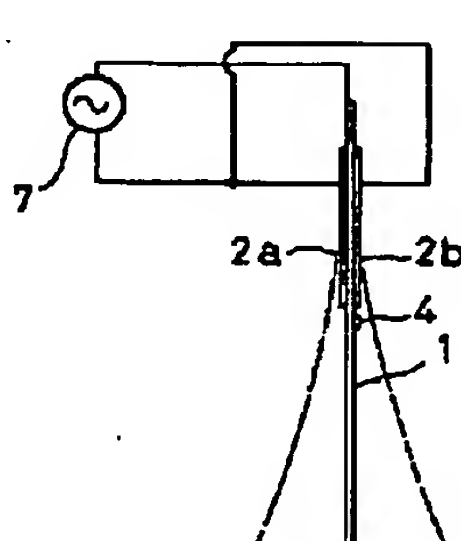
【符号の説明】

1…金属板シム、2a, 2b…圧電セラミック、3…ブレード、4…重り、5…容器、7…交流電源。

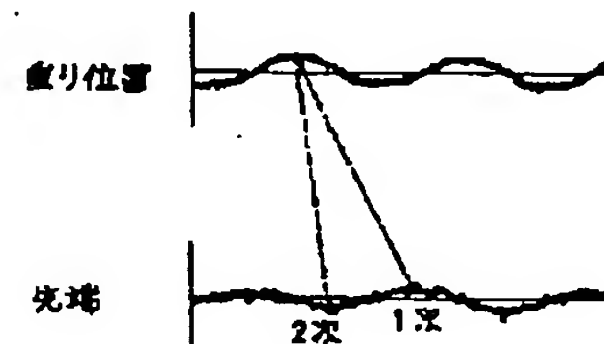
【図1】



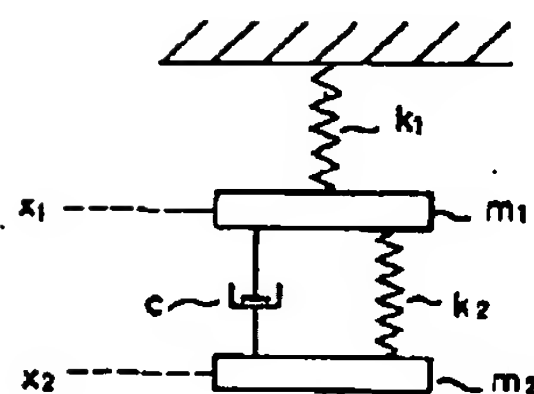
【図2】



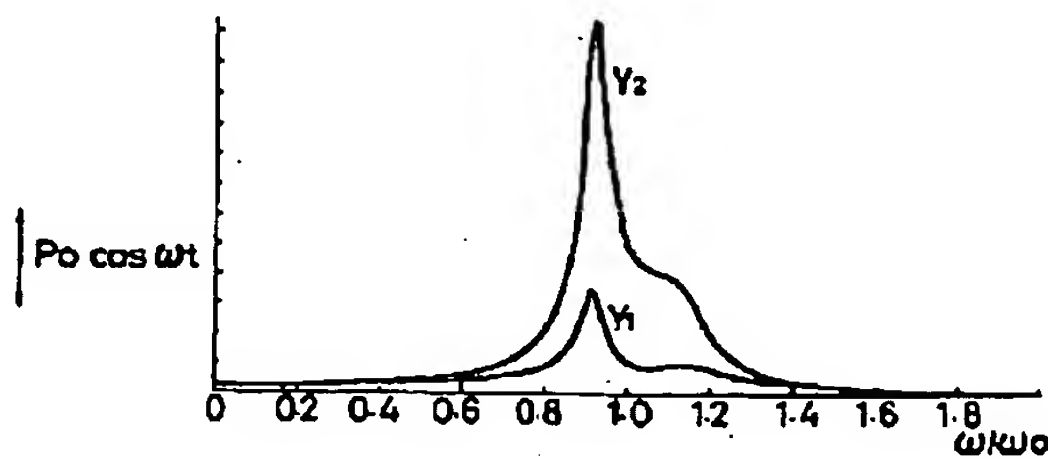
【図10】



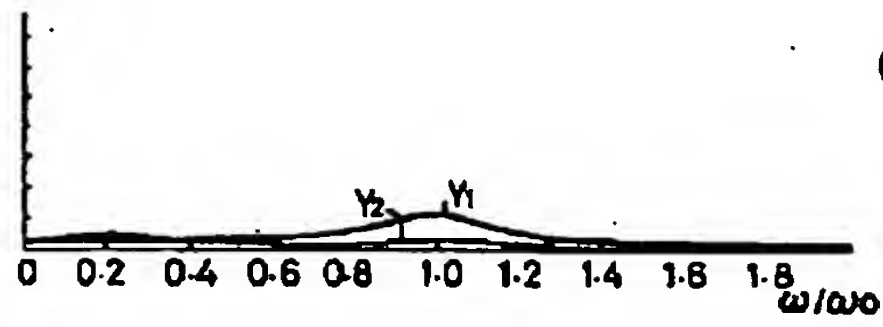
【図3】



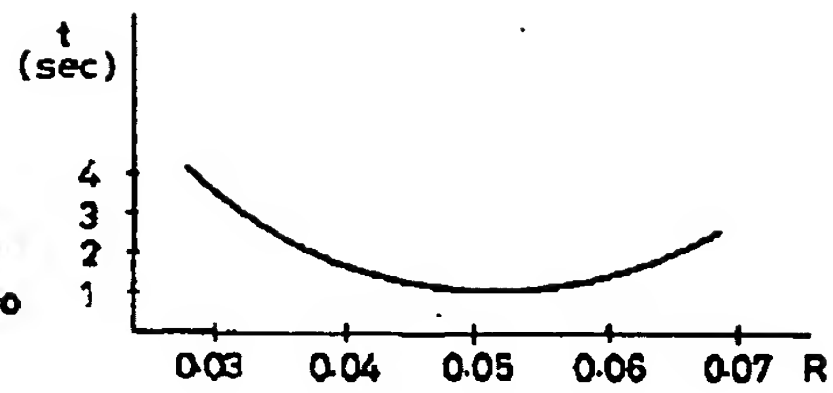
【図4】



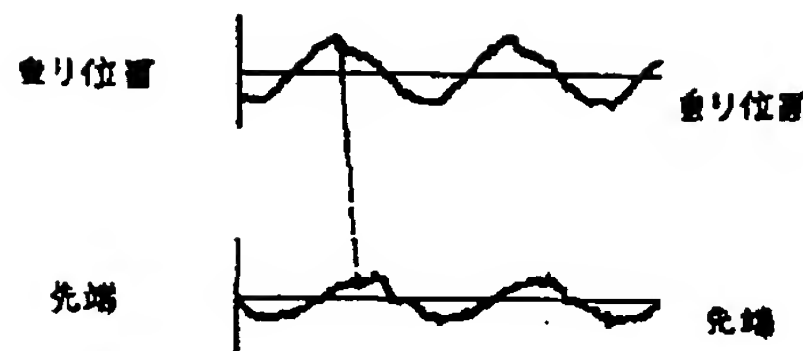
【図5】



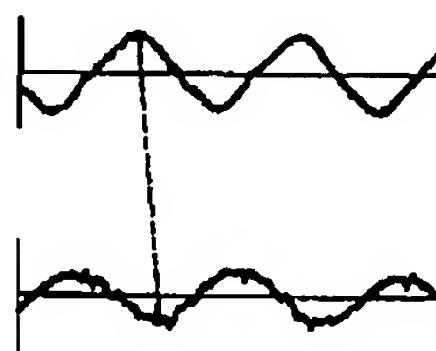
【図6】



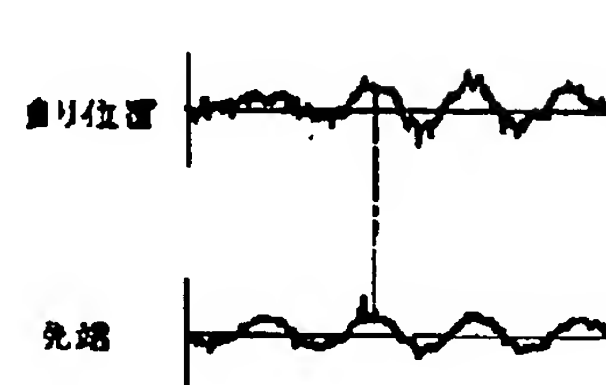
【図7】



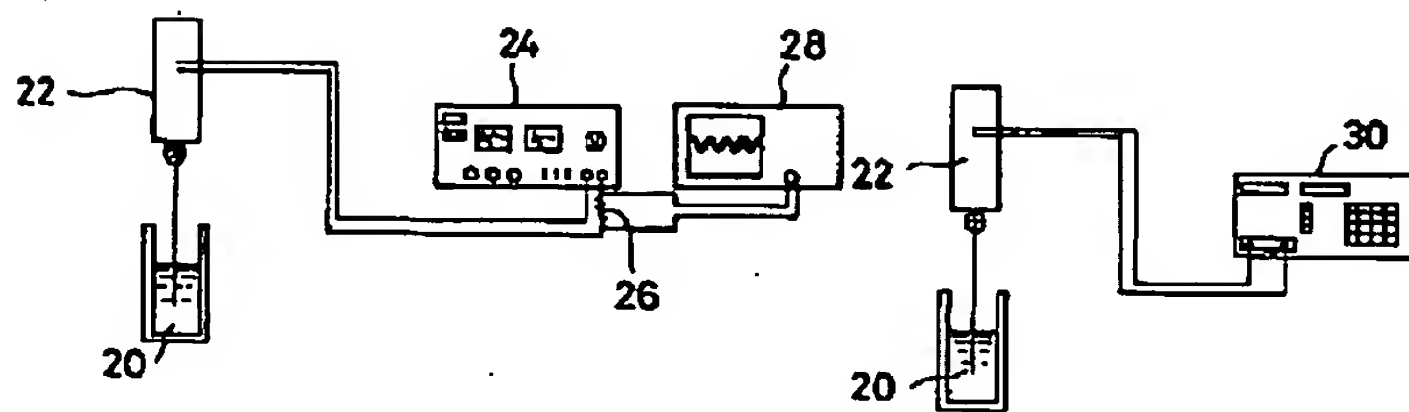
【図8】



【図9】

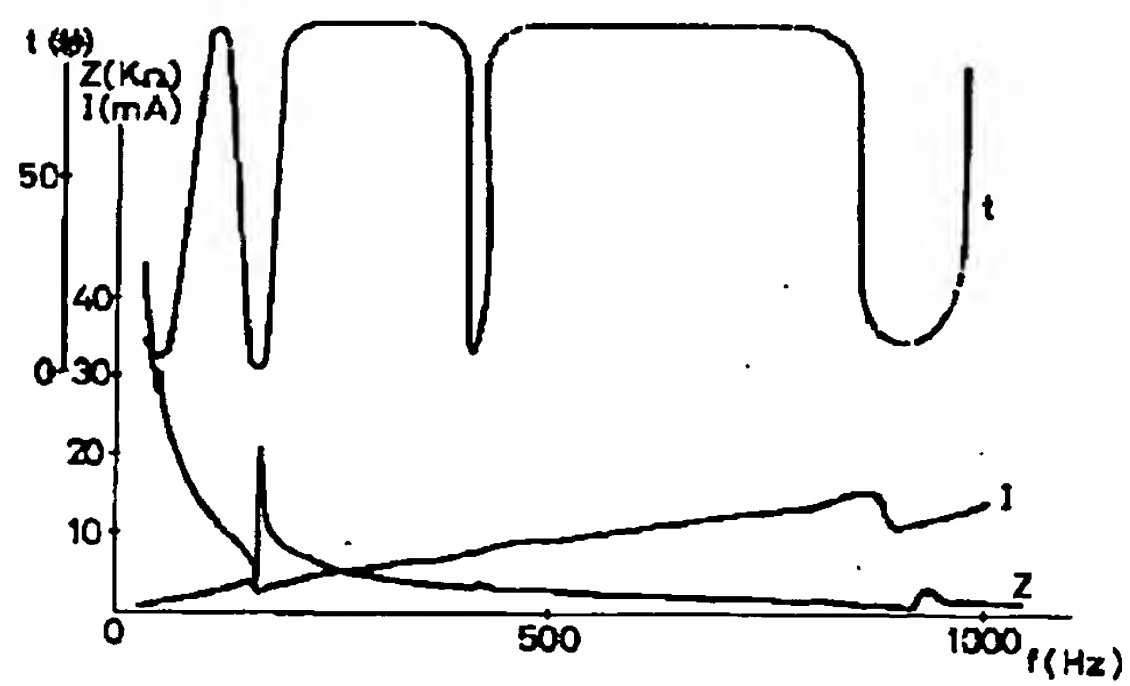


【図11】

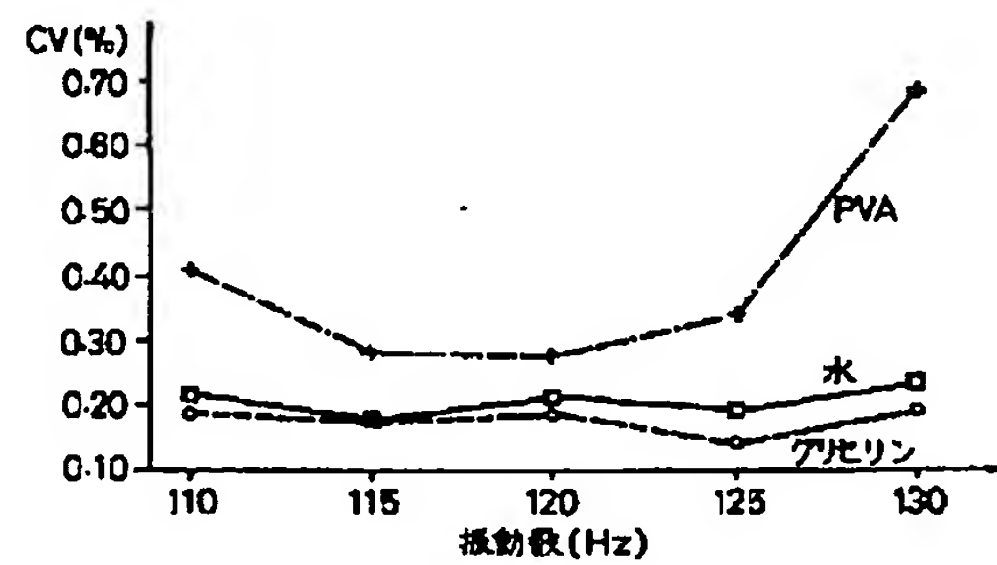


【図12】

【図13】

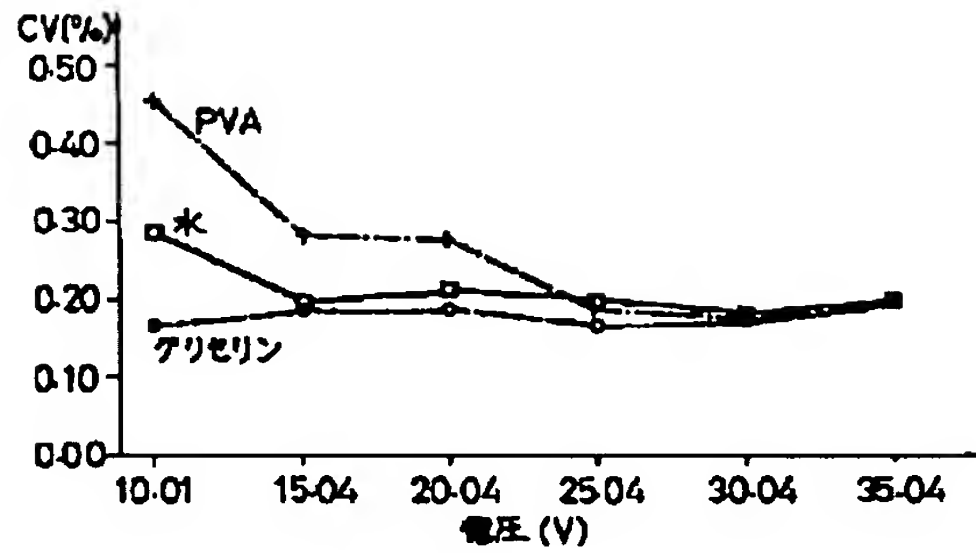


【図14】

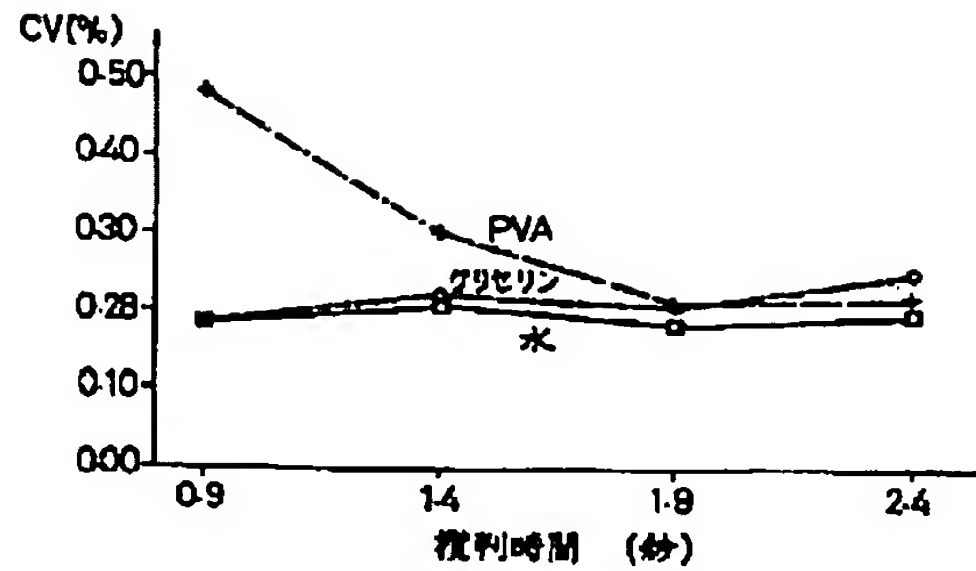




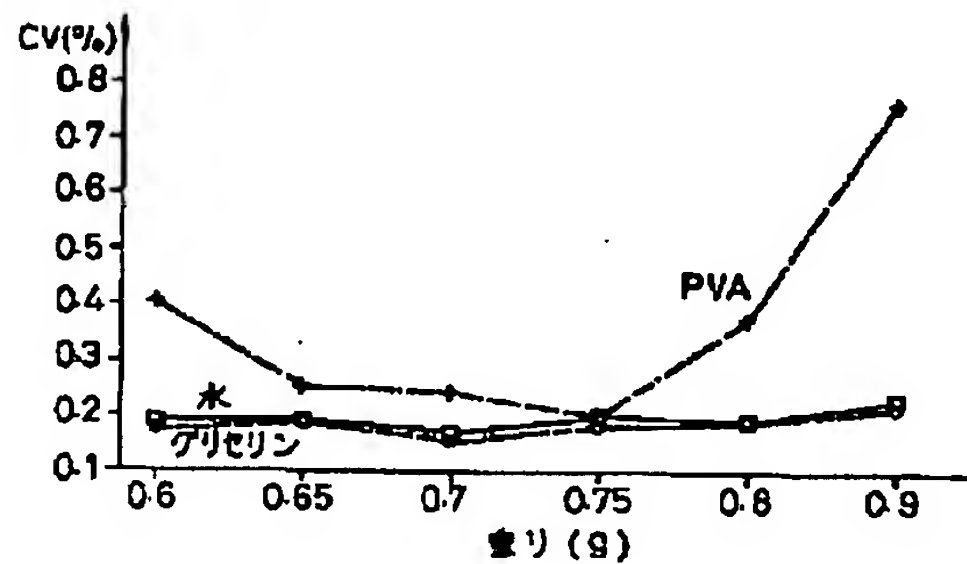
【図15】



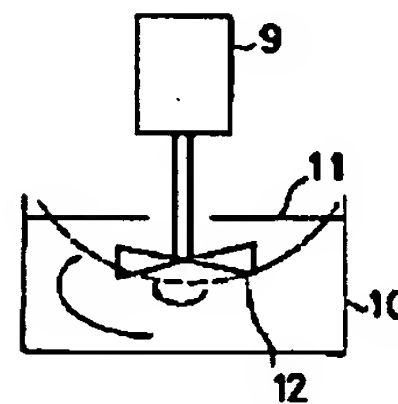
【図16】



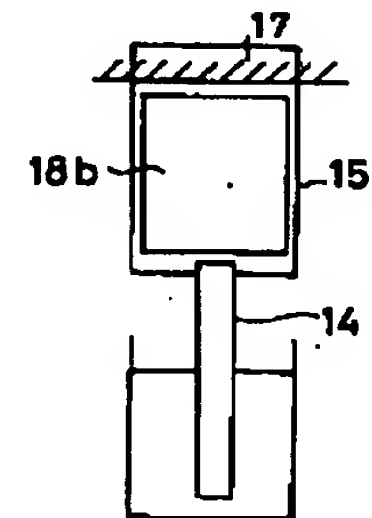
【図17】



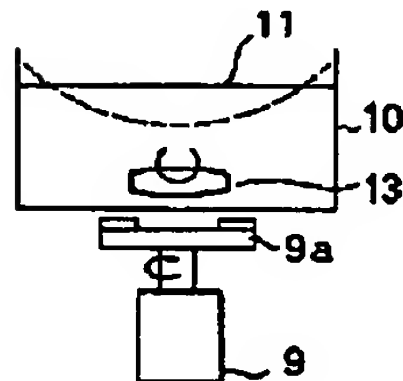
【図18】



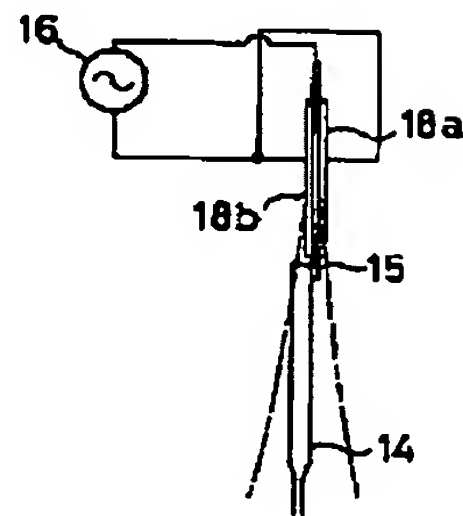
【図20】



【図19】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 坂口 総一郎  
栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会  
社東芝那須工場内  
(72)発明者 大屋 英郎  
栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会  
社東芝那須工場内

(72)発明者 青木 登  
東京都新宿区西新宿1丁目26番2号 東芝  
セラミックス株式会社内  
(72)発明者 斉藤 雅人  
神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 東  
芝マテリアルエンジニアリング株式会社内